

ЖИТОМИРСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМ. І. ФРАНКА

Фізико-математичний факультет

Кафедра фізики

Дипломна робота

Магістр

на тему: “Дослідження впливу температури на діелектричну проникність
рідкого кристалу Е-7”.

Виконав: студент 6-го курсу, групи 62
напряму підготовки(спеціальності)
8.04020301 Фізика*

Школенко Р.Г.

Керівник Ткаченко О.К.

Рецензент Рудніцький В.А.

Житомир-2014 року

Зміст

Вступ	3
Розділ 1. Теоретична частина	
1.1. Історія відкриття рідких кристал.....	5
1.2. Класифікація рідких кристалів.....	10
1.3. Навіщо потрібні РК.....	16
Розділ 2. Методи вивчення структури рідких кристалів	
2.1 Метод інфрачервоної спектроскопії.....	18
2.2 Метод рентгеноструктурного аналізу.....	19
Розділ 3. Рідкі кристали у побуті	
3.1 Дисплеї на рідких кристалах.....	21
3.2 Виготовлення інтегральних схем.....	23
3.3 Рідкокристалічні телевізори.....	24
Розділ 4. Дослідження діелектричної проникності в нематичних рідких кристалах	
4.1 Дослідження залежності температури від діелектричної проникності в рідкому кристалі E-7.....	26
4.2 Обробка результатів.....	27
Висновки.....	31
Додатки.....	33
Список літератури.....	35

Вступ

В наш час науково-технічної революції, дослідження науки так стрімко упроваджуються в матеріальне виробництво та життя, що іноді складаються парадоксальні ситуації. А саме яке-небудь фізичне явище, що послужило основою нового виду виробництва, інтенсивно впроваджуються в техніку та побут, однак знання про це явище та його відомість в широких колах явно недостатньо.

Подібна ситуація складається з рідкими кристалами та знаннями про них. Зараз пристрої, що засновані на основі рідких кристалів, стрімко впроваджуються в техніку відображення інформації. Почалось масове впровадження пристроїв, що містять рідкі кристали, в побут. Перспективи масового впровадження рідких кристалів в наше життя ще більш багатообразні та масштабні: від термометрів до телевізорів. Процес впровадження наукових досліджень в практику та масове виробництво йде тут настільки швидко, що відповідні досягнення та відомості не знайшли поки що належного відображення навіть в програмах вузів. Тим часом рідкі кристали, або рідкокристалічний стан речовини, з фізичної точки зору є самостійний фазовий етап, не менш важливий і цікавий, ніж усім добре відомий стан речовини: твердий, рідкий та газоподібний. В деяких відносинах, в пізнавальному аспекті, воно є навіть цікавішим.

Наука та її досягнення активно впливають на наше життя, тому, як правило, підвищений науковий інтерес до того чи іншого об'єкту чи явища означає, що цей об'єкт чи явище представляє великий практичний інтерес. В цьому відношенні не є виключенням й рідкі кристали. Цікавість до них перш за все обумовлена можливостями їх ефективного застосування в ряді галузей виробничої діяльності. Впровадження рідких кристалів означає економічну ефективність, простоту, зручність. В даній роботі розглянемо структуру рідких кристалів. їх властивості та застосування їх в нашому житті.

Актуальність теми мого дослідження зумовлена:

- швидким розвитком розробки пристроїв, в яких використовують термотропні рідкі кристали;
- недостатнім рівнем знань властивостей рідких кристалів;
- дослідженням властивостей діелектричної проникності рідких кристалів за допомогою температури.

Об’єкт дослідження – дослідження впливу температури на діелектричну проникність рідких кристалів.

Предмет дослідження - нематичні рідкі кристали.

Метою магістерської роботи є дослідження впливу температури на діелектричну проникність нематичних рідких кристалів.

Відповідно до предмета та мети визначено основні завдання дослідження:

- огляд літератури щодо будови і властивостей нематичних рідких кристалів;
- дослідження існуючих нематичних рідкокристалічних елементів;
- створення нематичних рідкокристалічних елементів на основі існуючих моделей.

Експериментальні результати:

Наукова новизна:

Практичне значення: розвиток сучасної науки і техніки неможливо уявити без систем обробки і відображення інформації. Зокрема, важливе значення має індикаторна техніка: від простого пристрою, що відображає два стійких стани системи до телевізійних екранів, великих екранів колективного використання, дисплеїв ЕОМ, що можуть відображати велику кількість інформації, яка швидко змінюється, і т.д.

РОЗДІЛ 1. Теоретична частина

1.1 Історія відкриття рідких кристалів

У 1888 році ботанік Рейнитцер опублікував свої спостереження про поведінку при зміні температури синтезованого ним холестерілбензоата. Кристали цієї речовини плавились при температурі $145,5^{\circ}\text{C}$, переходячи в мутну рідину. Ця рідина при подальшому нагріванні становилась прозорою при $178,5^{\circ}\text{C}$ та з подальшим підвищенням температури залишалась незмінною. В процесі охолодження в рідині з'являлось блакитне офарблення при $178,5^{\circ}\text{C}$, яке швидко зникало, й рідина мутніла. Коли температура досягала $145,5^{\circ}\text{C}$, знову з'являлось таке фарбування, після чого наступала кристалізація.

Зразки Рейнитцера досліджував фізик Леманн у поляризованому мікроскопі та встановив, що рідина яку досліджували в мутному стані проявляє оптичну анізотропію. Дослідженні ним п-азоксифенетол, п-азоксианизол, олсат амонію, етиловий ефір п-азоксибензойної кислоти в певних температурних інтервалах мали, з одного боку, властивості рідини, а з другого, в зв'язку з оптичною анізотропією, що переконало його в тому, що цей новий, до цього часу невідомий стан речовини, який він назвав рідкокристалічним. Спочатку Леманн помилково вважав, що речовини в такому стані мають дуже рухому об'ємну кристалічну решітку. Одні експериментатори, які вивчали ці речовини, вважали, що мають справу з емульсіями, які сильно розсіювали світло, інші що в речовинах утворюються мікрокристали, що оточенні плівкою рідини, або, навпаки, краплі рідини, оточенні мікрокристалічною оболонкою.

Сутність знов відкритого стану речовини могли пояснити тільки додаткові експериментальні факти. Результати подальших робіт Леманна та Шенка дозволили встановити, що мова йде про новий, до

цього часу невідомий термодинамічний стан речовини, який відрізняється від звичайних рідин не тільки оптичними, але й іншими фізичними властивостями, наприклад електричними та магнітними. Форлендер незабаром синтезував багато з рідкокристалічних речовин і встановив, що це, в основному, органічні молекули витягнутої форми. Класифікація рідких кристалів

Рідкий кристал - це проміжний стан між твердим тілом та рідиною. Цей агрегатний стан є термодинамічно стійким. Йому одночасно притаманні як властивості рідини - текучість, в'язкість, так і кристалів — пружність, анізотропія та ін. Специфічність цього складу речовини пояснюється особливою будовою молекул. Ці молекули можуть мати різну форму, але більшості із них притаманна паличкоподібна видовжена форма та плоска у вигляді диска. Перший тип молекул, обертаючись навколо довгої осі, утворює циліндр значної висоти і малого діаметра (рис. 1, а). Інша форма, яка має ще назву дискотичні молекули (рис. 1.б), на відміну від паличкоподібних розташовується не вздовж осей, а вздовж виділеної площини.

Рідкі кристали можна отримати або за допомогою плавлення - вони називаються *термотропними*, або за допомогою розчину ітвердокристалічних тіл — вони *ліотропні* рідкі кристали. Як так і інші можуть утворювати подібні за структурою речовини із своєрідною будовою молекул та їх розташуванням. Відповідно до цього всі РК як термотропні, гак і ліотропні (залежно від розташування молекул) діляться на такі типи: *нематичні* рідкі кристали (НРК), *холестеричні* рідкі кристали (ХРК) та *сметичні* рідкі кристали (СРК), ще їх

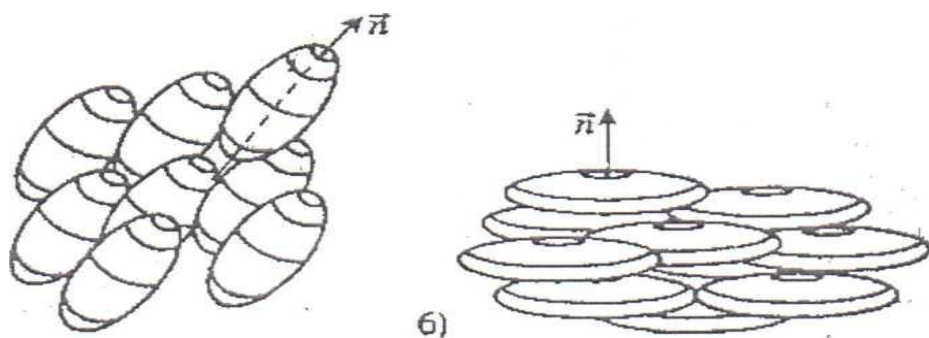


Рис. 1. Форми молекул рідкого кристала: а— паличкоподібна форма;
б) дискотичні молекули

називають відповідно нематерики, холестерики, смектики.



Рис. 2 Класифікація рідких кристалів

Термотропні РК існують у визначеному інтервалі температур. Якщо температура рідкого кристала виходить за межі даного інтервалу, він перетворюється або у твердий кристал (нижче температурного інтервалу існування мезофази), або в ізотропну рідину (вище від температурного інтервалу існування мезофази).

Температура за якої відбувається перехід речовини з твердого кристала в рідкокристалічний стан, називається температурою плавлення ($T_{пл}$). За цієї температури руйнується дальній трансляційний порядок за збереження дальнього орієнтаційного порядку (рідкокристалічний стан). З подальшим підвищенням температури зникає далекий порядок в орієнтації молекулярних осей і РК перетворюється в ізотропну рідину. Температура, за якої відбувається фазовий перехід рідкого кристала в ізотропну рідину, називається температурою просвітлення.

Існують рідкокристалічні речовини, у яких під час нагрівання чи охолодження не відбуваються оборотні процеси. Такі кристали можуть під час охолодження відразу перейти з ІР в ТК. Якщо РК фаза виникає

як у разі нагрівання, так і під час охолодження, то такі рідкі кристали називаються *енантиотропними*. Якщо рідкокристалічна фаза виникає або під нагрівання, або охолодження, то такі кристали називаються *монотропними*.

У деяких рідкокристалічних речовинах існують так звані зворотні фази. Проявляються вони у повторюваності фаз за зміни температури. Наприклад, після підвищення температури смектик перетворюються в нематик, потім нематик за певної температури переходить у смектик т. ін. і лише згодом (знову ж таки за певної температури) відбувається перехід в ізотропну рідину. Таке специфічне перетворення фаз пов'язане із особливими міжмолекулярними взаємодіями, що відбуваються в мезофазі.

Рідкокристалічні речовини володіють властивістю поліморфізму, яка проявляється в тому, що одна і та сама рідкокристалічна речовина за різних температурних умов може володіти різними РК-фазами, наприклад, під час нагрівання переходити із твердого стану в смектики, з подальшим підвищенням температури в нематик і лише потім в ізотропну рідину.

Існує ще одна цікава фаза, яка є окремим фазовим станом. — блакитна фаза. Вона виникає під час охолодження холестерину у межах температури переходу із ізотропної рідини до холестеричного рідкого кристала і проявляється в тому, що зразок РК забарвлюється в блакитний колір. Пов'язано це із особливостями відбивання світла від поверхні зразка, який має в цей момент специфічну будову.

Для характеристики розташування молекул в мезофазах вводять одиничний вектор n , який вказує напрямок переважної орієнтації довгих осей молекул. Його прийнято називати «директор».

Якщо у твердих кристалах спостерігається дальній порядок у розміщенні частинок у будь-яких трьох взаємно перпендикулярних напрямках, то в рідких — в одному напрямі (одновісний дальній

порядок). Директор є характеристикою дальнього порядку в розташуванні молекул, тому РК класифікують залежно від орієнтації директора по відношенню до центра мас молекул.

Холестеричні рідкі кристали утворюються в основному із з'єднань холестерину та інших стероїдів. Структура ХРК така сама, як і нематиків, але додатково закручена в напрямку, перпендикулярному до довгих осей молекул. Такий напрям, перпендикулярний до довгих осей молекул і вздовж якого періодично змінюється орієнтація директора, називається холестеричною віссю.

ХРК можна розбити на шари, у кожному з яких молекули будуть розташовуватися майже паралельно одна до одної. Але при переході від шару до шару директор повертається на незначний кут. Утворюється гвинтова структура, яка характеризується кроком спіралі і позначається — P . Якщо уявно направити вісь Oz вздовж холестеричної осі, то виявиться, що кут повороту директора є лінійною функцією відстані. Крок холестеричної спіралі P дорівнює відстані вздовж холестеричної осі, на якій директор повертається на кут 360° і може досягати декількох сотень нанометрів.

Найбільш впорядкованими є смектичні рідкі кристали (від грец. «смегма» — мило). Вони ніби двомірні кристали; центри мас молекул розташовані в шарах, але директор кожного шару вже не лежить в площині шару, а створює з ним деякий кут θ (рис. 6.в). За характером впорядкованості в шарах СРК діляться на дві групи: з неструктурними та із структурними шарами. Смектики із неструктурними шарами характеризуються тим, що центри мас молекул в шарах розташовані хаотично. Такою в загальному є сучасна класифікація РК. Хоча синтез та пошук нових рідкокристалічних матеріалів триває, що призводить до відкриття нових рідких кристалів, які не вписуються в дану схему. Їх називають екзотичними мезофазами.

1.2 .Практичне застосування рідких кристалів

Рідкий кристал - проміжна фаза (мезофаза) між ізотропною рідиною і кристалічним твердим тілом. Рідкі кристали це флюїди, молекули яких певним чином впорядковані, тобто існує певна симетрія. Як наслідок, існує анізотропія механічних, електричних, магнітних та оптичних властивостей речовин цього класу. Поєднуючи властивості рідин та твердих тіл (текучість, анізотропія), рідкі кристали проявляють специфічні ефекти, багато з яких не спостерігаються у рідинах та твердих тілах. Зокрема, в рідких кристалах спостерігається подвійне променезаломлення, флексоелектричний ефект, перехід Фредерікса.

Одне з важливих напрямів використання рідких кристалів - термографія. Підбираючи склад рідкокристалічної речовини, створюють індикатори для різних діапазонів температури і для різних конструкцій.

Наприклад, рідкі кристали у вигляді плівки наносять на транзистори, інтегральні схеми і друковані плати електронних схем. Несправні елементи - сильно нагріті або холодні, непрацюючі - відразу помітні по яскравим кольорним плям.

Нові можливості отримали лікарі: рідкокристалічний індикатор на шкірі хворого швидко діагностує приховане запалення і навіть пухлина.

За допомогою рідких кристалів виявляють пари шкідливих хімічних сполук і небезпечні для здоров'я людини гамма - і ультрафіолетове випромінювання. На основі рідких кристалів створені вимірювачі тиску, детектори ультразвуку. Але найбільш багатообіцяюча область застосування рідкокристалічних речовин - інформаційна техніка. Від перших індикаторів, знайомих всім по електронному годиннику, до кольорових телевізорів з

рідкокристалічним екраном розміром з поштову листівку пройшло лише кілька років. Такі телевізори дають зображення дуже високої якості, споживаючи меншу кількість енергії.

Електронна гра. електронний словник і телевізор. Успіхи в розробці матричних рідкокристалічних дисплеїв зробили можливим створення і масове виробництво подібних ігор в мініатюрному, так би мовити, кишенькового виконання. Наприклад, всім відома гра «Ну. постривай!», освоєна вітчизняною промисловістю. Габарити цієї гри. як у записника, а основним його елементом є рідкокристалічний матричний дисплей, на якому висвічуються зображення вовка, зайця, курей і яєчок, що котилися по жолобах. Завдання гравця, натискаючи кнопки управління, примусити вовка, переміщаючись від жолоба до жолоба, ловити яєчка, що скочуються з жолобів, в кошик, щоб не дати їм впасти на землю і розбитися. Тут же відзначимо, що, крім розважального призначення, ця іграшка виконує роль годинника і будильника, тобто в іншому режимі роботи на дисплеї «висвічується» час і може подаватися звуковий сигнал в необхідний момент часу.

Ще один вражаючий приклад ефективності сполучення матричних дисплеїв на рідких кристалах і мікроелектронної техніки дають сучасні електронні словники, які почали випускати в Японії. Це - мініатюрні обчислювальні машинки розміром із звичайний кишеньковий мікрокалькулятор, в пам'ять яких введені слова на двох (або більше) мовах і які забезпечені матричним дисплеєм і клавіатурою з алфавітом. Набираючи на клавіатурі слово на одній мові, отримуємо на дисплеї його переклад іншою мовою. Переклад може бути і озвучений.

Вимоги до матричного дисплея, використовуваного як екран телевізора, виявляються значно вищими як по швидкодії, так і по числу елементів, чим в описаних вище електронній іграшці і словнику-перекладачі. Відповідно до телевізійного стандарту зображення на

екрані формується з 625 рядків (і приблизно з|із| такого ж числа елементів складається кожен рядок), а час запису одного кадру 40 мс. Тому практична реалізація телевізора з рідкокристалічним екраном виявляється важчим завданням. Японська фірма -виготовлювач «Соні» налагодила виробництво мініатюрного, такого, що уміщається практично на долоні телевізора з розміром екрану 3,6 дюймів. Вже створені телевізори на РК як з крупнішими екранами, так і з кольоровим зображенням.

Керовані оптичні транспаранти. Розглянемо приклад досягнення наукових досліджень в процесі створення рідкокристалічних екранів, відображення інформації, зокрема рідкокристалічних екранів телевізорів. Відомо, що масове створення великих плоских екранів на рідких кристалах стикається з труднощами не принципового, а чисто технологічного характеру. Хоча принципово можливість створення таких екранів продемонстрована, проте в зв'язку з складністю їх виробництва при сучасній технології їх вартість виявляється дуже високою. Тому виникла ідея створення проекційних пристроїв на рідких кристалах, в яких зображення, отримане на рідкокристалічному екрані малого розміру могло б бути спроектовано в збільшеному вигляді на звичайний екран, подібно до того, як це відбувається в кінотеатрі з кадрами кіноплівки. Виявилось, що такі пристрої можуть бути реалізовані на рідких кристалах, якщо використовувати „сендвічеві” структури. в які разом з шаром рідкого кристала входить шар фотонапівпровідника. Причому запис зображення в рідкому кристалі, здійснюваний за допомогою фотонапівпровідника. проводиться променем світла.

Принцип запису зображення дуже простий. У відсутність підсвічування фотонапівпровідника його провідність дуже мала, тому практично вся різниця потенціалів, подана на електроди оптичного осередку, в який ще додатково введений шар фотонапівпровідника,

падає на цьому шарі фотонапівпровідника. При підсвічуванні фотонапівпровідника його провідність різко зростає, оскільки світло створює в нім додаткові носії струму (вільні електрони і дірки). В результаті відбувається перерозподіл електричної напруги. Таким чином змінюються оптичні характеристики рідкокристалічного шару в результаті дії світла. Ясно, що при цьому в принципі може бути використаний будь-який електрооптичний ефект з описаних вище. Практично, звичайно, вибір електрооптичного ефекту в такому сендвічевом пристрої, званому електрооптичним транспарантом, визначається разом із необхідними оптичними характеристиками і чисто технологічними причинами. Важливо, що в описуваному транспаранті зміна оптичних характеристик рідкокристалічного шару відбувається локально - в точці засвічення фотонапівпровідника. Тому такі транспаранти володіють дуже високою роздільною здатністю. Так, обсяг інформації, що міститься на телевізійному екрані, може бути записаний на транспаранті розмірами менше 1x1 см.

Описаний спосіб запису зображення, крім всього іншого, володіє великими якостями, оскільки він робить непотрібною складну систему комутації, тобто систему підвода електричних сигналів, яка застосовується в матричних екранах на рідких кристалах.

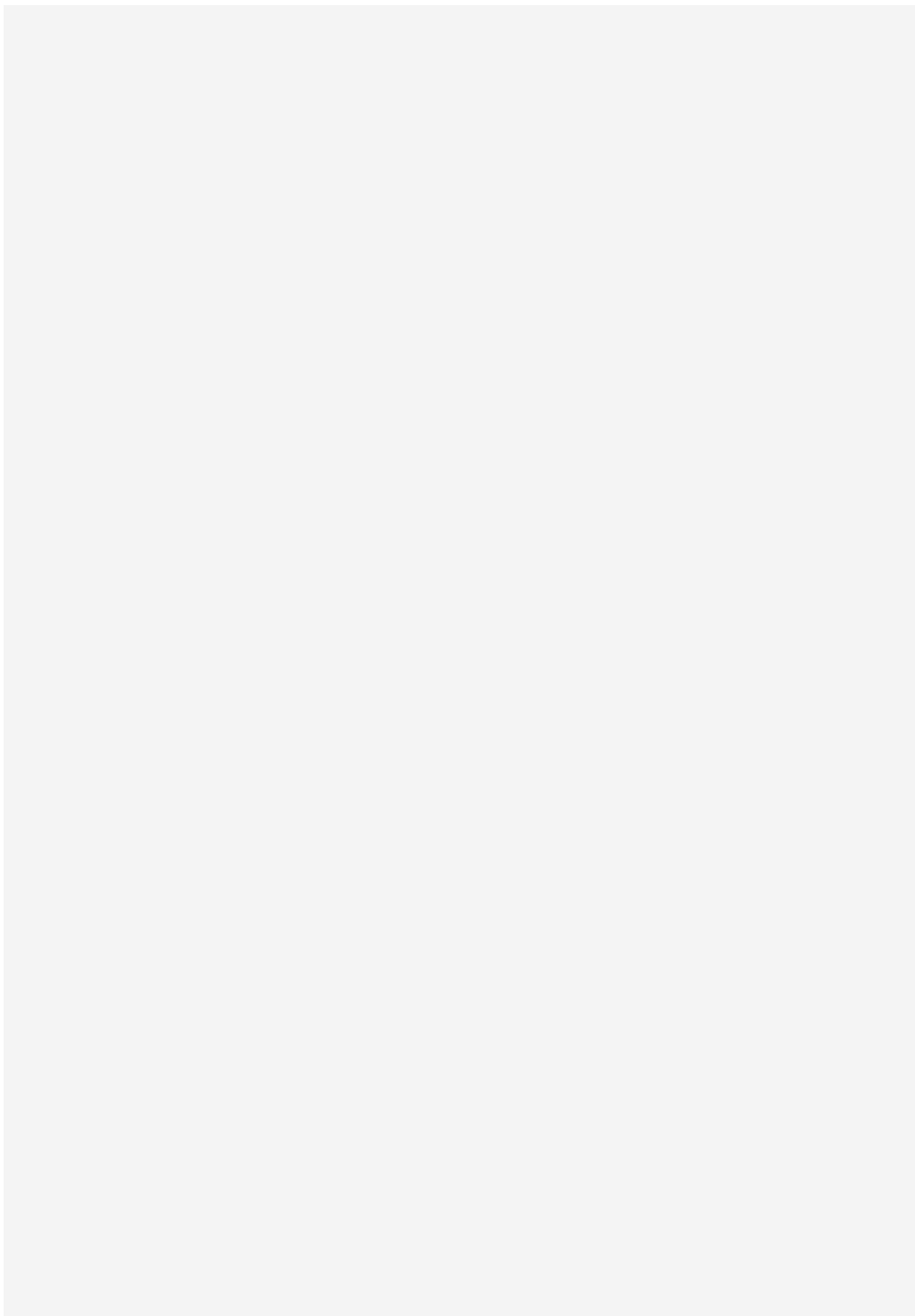
Просторово-часові модулятори світла. Керовані оптичні транспаранти можуть бути використані не тільки[не лише] як елементи проекційного пристрою, але і виконувати значне число функцій, пов'язаних з перетворенням, зберіганням і обробкою оптичних сигналів. У зв'язку з тенденціями розвитку методів передачі обробки інформації з використанням оптичних каналів зв'язку, що дозволяють збільшити швидкодію пристроїв і об'єм передаваної інформації, керовані оптичні транспаранти на рідких кристалах представляють значний інтерес і з цієї точки зору. В цьому випадку їх ще прийнято називати просторово-часовими модуляторами світла (ПЧМС), або

світловими клапанами. Перспективи і масштаби застосування ІІЧМС в пристроях обробки оптичної інформації визначаються тим, наскільки сьогоdnішні характеристики оптичних транспарантів можуть бути покращені у бік досягнення максимальної чутливості до випромінювання, що управляє, підвищення швидкодії і просторового дозволу світлових сигналів, а також діапазону довжин хвиль випромінювання, в якому надійно працюють ці пристрої!. Як вже наголошувалося, одна з основних проблем - це проблема швидкодії рідкокристалічних елементів, проте вже досягнуті характеристики модуляторів світла дозволяють абсолютно безумовно стверджувати, що вони займуть значне місце в системах обробки оптичної інформації.

При відповідному підборі режиму роботи модулятора вони можуть виділяти контур проектного на нього зображення. Якщо контур переміщається, то можна візуалізувати його рух. При цьому істотно, що довжина хвилі записуючого зображення випромінювання і прочитуючого випромінювання можуть відрізнитися. Тому модулятори світла дозволяють, наприклад, візуалізувати інфрачервоне випромінювання, або за допомогою видимого світла модулювати пучки інфрачервоного випромінювання, або створювати зображення в інфрачервоному діапазоні довжин хвиль.

У іншому режимі роботи модулятори світла можуть виділяти області, піддані нестаціонарному освітленню. У цьому режимі роботи зі всього зображення виділяються, наприклад, світлові точки, що тільки переміщаються по зображенню, або мерехтливі його ділянки. Модулятори світла можуть використовуватися як підсилювачі яскравості світла. В зв'язку ж з їх високою просторовою роздільною здатністю їх використання виявляється еквівалентним підсилювачу з дуже великим числом каналів. Перераховані функціональні можливості оптичних модуляторів дають підставу використовувати їх в численних завданнях обробки оптичної інформації, таких як розпізнавання

зображення, придушення перешкод, спектральний і кореляційний аналіз, інтерферометрія.



1.3. Навіщо потрібні РК

У буденному житті ми стикаємося з годинниками, термометрами на рідких кристалах. Інтерес до них перш за все обумовлений можливостями їх ефективного застосування у ряді галузей виробничої діяльності. Впровадження рідких кристалів означає економічну ефективність, простоту, зручність.

Рідкий кристал — це специфічний агрегатний стан речовини, в якій воно проявляє одночасно властивості кристала і рідини. Далеко не всі речовини можуть знаходитися в рідкокристалічному стані. Більшість речовин можуть знаходитися тільки в трьох, всім добре відомих агрегатних станах: твердому або кристалічному, рідкому і газоподібному. Деякі органічні речовини, що володіють складними молекулами, окрім трьох названих станів, можуть утворювати четвертий агрегатний стан — рідкокристалічне. Цей стан здійснюється при плавленні кристалів деяких речовин. При їх плавленні утворюється рідкокристалічна фаза, що відрізняється від звичайних рідин. Ця фаза існує в інтервалі від температури плавлення кристала до деякої вищої температури, при нагріві до якої рідкий кристал переходить в звичайну рідину. Подібно звичайній рідині, рідкий кристал володіє текучістю і приймає форму судини (сосуда), в яку він поміщений. Цим він відрізняється від відомих всім кристалів. Проте не дивлячись на цю властивість, об'єднуючу його з рідиною, він володіє властивістю, характерною для кристалів. Це — впорядкування в просторі молекул, утворюючих кристал. Правда, це впорядкування не таке повне, як в звичайних кристалах, проте воно істотно впливає на властивості рідких кристалів, чим і відрізняє їх від звичайних рідин. Неповне просторове впорядкування молекул, утворюючих рідкий кристал, виявляється в тому, що в рідких кристалах немає повного порядку в просторовому розташуванні центрів тяжіння молекул, хоча частковий порядок може бути. Це означає, що у них немає жорсткої кристалічної решітки. Тому рідкі кристали, подібно до звичайних рідин, володіють властивістю плинності.

Обов'язковою властивістю рідких кристалів, що зближує їх із звичайними кристалами, є наявність порядку просторової орієнтації молекул. Такий порядок в орієнтації може виявлятися, наприклад, в тому що всі довгі осі молекул в рідкокристалічному зразку орієнтовані однаково. Ці молекули повинні володіти витягнутою формою. Окрім простого названого впорядкування осей молекул, в рідкому кристалі може здійснюватися складніший орієнтаційний порядок молекул.

Розділ 2. Методи вивчення структури рідких кристалів

2.1. Метод ІЧ спектроскопії

Для вивчення рідких кристалів застосовуються стандартні спектроскопічні методи.

В період інтенсивного дослідження мезоморфного стану різних речовин виконаний ряд робіт методами ІЧ спектроскопії. Найважливіші з них роботи Раулінса й Тейлора, Ташека й Вільямса, Майєра й Заупе, Майєра й Енглєрта. Дослідження проводились в широкому спектральному діапазоні від 650 до 10000 см⁻¹. При виконанні більшості вказаних робіт речовини, що вивчаються підверглись дії електричного й магнітного полів. Було використано також поляризоване ІЧ випромінювання.

Встановлено, що інфрачервоні спектри нематичних і холестеричних рідин мало відрізняються від спектрів ізотропних рідин, отже, суттєвих змін в міжмолекулярній взаємодії ближнього порядку при переході речовини з ізотропного стану в мезоморфне не спостерігається. Для смектичних рідин, навпаки, відмічені зрушення піків, що вказує на зміни в цьому випадку міжмолекулярних сил ближнього порядку.

Майєр і Енглєрт, проводячи дослідження в поляризованому інфрачервоному світлі, підтвердили наявність суттєвих змін в спектрах поглинання. Ці зміни залежать від орієнтації площини поляризації світла, що падає на рідкий кристал по відношенню к орієнтації молекул в нематиках, що вивчають.

Форлендер намагався знайти відмінність між спектрами ізотропної рідини й рідких кристалів, застосовуючи для цього кварцовий спектроскоп, однак для досліджених зразків цієї відмінності не було виявлено.

2.2. Метод рентгеноструктурного аналізу

Аналіз рідких кристалів, проведений Линденом і Хюккелем одразу ж після відкриття явлення дифракції рентгенівських променів, не дав задовільних результатів. Не спостерігалась різниця між дифракційною картиною рідкого кристала й відповідної рентгенограмою ізотропної рідини. Замість чітких і вузьких дифракційних кілець, що звичайно отримують на рентгенограмах кристалічних порошків, були отримані широкі розмиті кільця. Декілька пізніше Кац і Каст також не виявили суттєвої відміни в дифракційних картинах ізотропної рідини і рідких кристалів. Каст повідомив тоді, що розподіл інтенсивності на знімку в залежності від кута дифракції для нематичної фази декілька зрушено по зрівнянню з аналогічним розподілом для тієї ж речовини в кристалічному стані.

Суттєва відміна в рентгенограмах рідких кристалів і звичайних рідин отримана Кастом і Стюартом при дослідженні зразків в електричному й магнітному полях. Дифракційні кільця на знімках рідких кристалів були розділені на серпи, а на знімках звичайних рідин залишались незмінними. Цей факт автори пояснювали результатом орієнтації довгих осей молекул рідкокристалічних речовин в напрямку до зовнішнього поля. Незначна різниця в знімках рідких кристалів і ізотропній рідини спостерігали також Гламанн і інші, а Стюарт спостерігав невелике збільшення інтенсивності затемнення в головному максимумі на дифракційній картині нематичної рідини по зрівнянню з ізотропною рідиною.

Герман, досліджуючи рідкі кристали на приборах, що дозволяють виконувати оптичні спостереження й одночасно отримувати рентгенівські знімки при певних стабілізованих температурах, отримав на рентгенограмах

нематичних рідких кристалів розмиті кільця, що нічим не відрізняються від кілець на знімках ізотропної рідини. Навпаки, на знімках смектичних рідких кристалів він отримав два типи дифракційних картин: одну з розмитими зовнішніми й вузькими внутрішніми кільцями, а другу з чіткими зовнішніми кільцями й менш чіткими внутрішніми. Перший тип дифракційної картини був їм отриманий при більш високій температурі. Така температурна залежність дифракційної картини вказує на залежність ступені порядку молекул от температури речовини.

Фрідель і де Бройль досліджували смектичні рідкі кристали. Вони підтвердили припущення, зроблене з оптичних спостерегань, що речовини в смектичному стані мають шарувату структуру. По Фріделю, товщина цих шарів порядку 199нм. Для кристалічного стану товщина шарів в цих речовинах складає величину порядку 162нм. Причину цієї відмінності Фрідель пояснив тим, що в твердому стані осі молекул нахилені до площини шарів, а в мезоморфному осі орієнтовані перпендикулярно до площини шарів.

Берна і Кроуфорд вивчали цим методом кристалічні речовини, що дають при нагріванні мезофазу. Були дослідженні наступні нематогени: п-азоксианізол, п-азоксіфенетол, 1,5-ді- (п-метоксібензилиден) аміно-нафталін. Установлено, що молекули в кристалах орієнтовані не в шарі, а збудовані паралельно своїм осям і їх центри зміщені відносно один одного так, що утворюють лускату структуру. Вочевидь, що ступінь порядку молекул в мезоморфному стані нижче, ніж в твердому кристалі.

Для вивчення атомної структури речовини методом рентгеноструктурного аналізу отримують дифракційну картину рентгенівського випромінювання, розсіяного речовиною, що вивчається. Ця картина представляє собою дифузні кільця. Положення й інтенсивність кілець дозволяють визначити будову речовини, що розсіює рентгенівське

випромінювання. Для виконання рентгенівських знімків рідкі кристали застосовують спеціальні термокамери.

Розділ 3. Рідкі кристали у побуті

3.1. Дисплеї на рідких кристалах

Відомо, якою популярністю користувалися різні електронні ігри, що зазвичай встановлюються в кімнаті атракціонів в місцях суспільного відпочинку або фойє кінотеатрів. Успіхи в розробці матричних рідкокристалічних дисплеїв зробили можливим створення і масове виробництво подібних ігор в мініатюрному, так би мовити, кишеньковому виконанні.

Першою такою грою в Росії стала гра Ну, почекай!, освоєна вітчизняною промисловістю. Габарити цієї гри, як в записника, а основним його елементом є рідкокристалічний матричний дисплей, на якому висвічуються зображення вовка, зайця, курей і яєчок, що котяться по жолобах. Завдання людини що грає, натискаючи кнопки управління, змусити вовка, переміщаючись від жолоба до жолоба, ловити яєчка, що скачуються з жолобів в корзину, аби не дати їм впасти на землю і розбитися. Тут же відзначимо, що, окрім розважального призначення, ця іграшка виконує роль годинника і будильника, тобто в іншому режимі роботи на дисплеї висвічується час і може подаватися звуковий сигнал в необхідний момент часу.

Ще один вражаючий приклад ефективності союзу матричних дисплеїв на рідких кристалах і мікроелектронної техніки дають сучасні електронні словники і перекладачі, які почали випускати в Японії. Вони є мініатюрними обчислювальними машинками розміром із звичайний кишеньковий мікрокалькулятор, в пам'ять яких введені слова на двох (або більше) мовах і

які забезпечені матричним дисплеєм і клавіатурою з алфавітом. Набираючи на клавіатурі слово на одній мові, ви вмиль отримуєте на дисплеї його переклад іншою мовою. Уявіть собі, як покращає і полегшується процес навчання іноземним мовам в школі і у вузі, якщо кожен учень буде забезпечений подібним словником. А, спостерігаючи, як швидко виробі мікроелектроніки упроваджуються в наше життя, можна з упевненістю сказати, що такий час не за горами. Легко представити і дороги подальшого вдосконалення таких словарів-переводчиків: переводиться не одне слово, а ціле речення. Крім того, переклад може бути і озвучений. Словом, впровадження таких словарів-переводчиків обіцяє революцію у вивченні мов і техніці перекладу.

Поява в нашому сучасному житті органайзерів, здатних нагромаджувати, обробляти і аналізувати інформацію дозволяє користувачеві вести індивідуальне планування свого часу, враховуючи можливість виконання ряду дій, пов'язаних з контактами, зустрічами і так далі Органайзер завчасно нагадає про настання часу і дати особливо важливих заходів.

Мініатюризація відбувається в даному випадку в основному із-за зменшення дисплея. Як видно, рідкокристалічний дисплей вирішує цю задачу дуже просто.

3.2. Виготовлення інтегральних схем

Союз мікроелектроніки і рідких кристалів виявляється надзвичайно ефективним не лише в готовому виробі, але і на стадії виготовлення інтегральних схем. Як відомо, одним з етапів виробництва мікросхем є фотолітографія, яка полягає в нанесенні на поверхню напівпровідникового матеріалу спеціальних масок, а потім у витравленні за допомогою фотографічної техніки так званих літографічних вікон. Ці вікна в результаті подальшого процесу виробництва перетворюються в елементи і з'єднання мікроелектронної схеми. Від того, наскільки малі розміри відповідних вікон, залежить число елементів схеми, які можуть бути розміщені на одиниці площі напівпровідника, а від точності і якості витравлення вікон залежить якість мікросхеми.

Не менш корисним виявилось вживання рідких кристалів (тепер уже нематичних) на стадії контролю якості літографічних робіт. Для цього на напівпровідникову пластину з протравленими літографічними вікнами наноситься орієнтований шар нематика, а потім до неї прикладається електрична напруга. В результаті в поляризованому світлі картина витравлених вікон виразно візуалізується. Більш того, цей метод дозволяє виявити дуже малі по розмірах неточності і дефекти літографічних робіт, протяжність яких всього 0,01 мкм.

3.3. Рідкокристалічні телевізори

Створення телевізорів з рідкокристалічними екранами стало новою історичною віхою вживання рідких кристалів (LCD). Телевізори цього типа стають доступніше для покупців, тому що відбувається регулярно зниження цін, із-за вдосконалення технологій виробництва.

Екран LCD - це екран просвітного типу, тобто екран, який підсвічує із зворотного боку лампою білого кольору, а вічка основних кольорів (RGB - червоний, зелений, синій), розташовані на трьох панелях відповідних кольорів, пропускають або не пропускають через себе світло залежно від прикладеної напруги. Саме тому відбувається певне запізнювання картинки (час відгуку), особливо помітне при перегляді об'єктів, що швидко рухаються. Час відгуку в сучасних моделях різниться від 15мс (мілісекунди, 1мс - одна тисячна секунди) до 40мс і залежить від типу і розміру матриці. Чим менше цей час, тим швидше міняється зображення, немає явищ шлейфу і накладення картинок.

Час роботи лампи для більшості LCD-панелей майже на початковій яскравості - 60 000 годин (це вистачить приблизно на 16 років при перегляді телевізора по 10 годин в день). Для порівняння: в плазмових телевізорах яскравість за той же час зменшується набагато сильніше, а для кінескопних телевізорів (вигоряє люмінофор) поріг - 15000-20 000 годин (приблизно 5 років), потім якість помітно погіршується.

Прикладом досконалості може служити екран LCD телевізора LG RZ-23LZ20 який передає близько 17 мільйонів кольорів, з високим дозволом 1280 x 768 пікселів, з контрастністю 400:1 і яскравістю в 450кд/м. Це - прекрасний зразок рідкокристалічної технології.

Кут огляду в рідкокристалічних телевізорах останніх моделей досягає 160-170 градусів по вертикалі і горизонталі, а це робить проблему набагато менш гострою, чим вона була кілька років тому.

Недоліком рідкокристалічних екранів є наявність непрацюючих пікселів. Непрацюючі пікселі - пікселі, які постійно включені в якомусь одному стані і не міняють свій колір залежно від сигналу. Різні виробники допускають різну кількість непрацюючих пікселів на екрані, про що пишуть в інструкціях по використанню товару. Наприклад, в інструкції може бути написано "якщо на панелі ви виявили не більше чотирьох непрацюючих пікселів, то панель вважається повністю працездатною". У рідкокристалічних моніторах взагалі не допускається наявність непрацюючих пікселів, оскільки на монітор ми дивимося з набагато ближчої відстані, ніж на телевізор, і відразу можемо розгледіти це "сміття".

Розділ 4. Дослідження діелектричної проникності в нематичних рідких кристалах

4.1. Дослідження залежності температури від діелектричної проникності в рідкому кристалі E-7

Для дослідження використовується установка, яка складається з:

- . посудина Дюара;
- . пічка;
- . комірка з сумішшю рідкого кристалу ZLi4801-000;
- . генератор сигналів низькочастотний ГЗ-56/1;
- . міст змінного струму Р5066;

Спочатку визначили залежність діелектричної проникності наповненого рідкого кристалу від частоти змінного електричного поля.

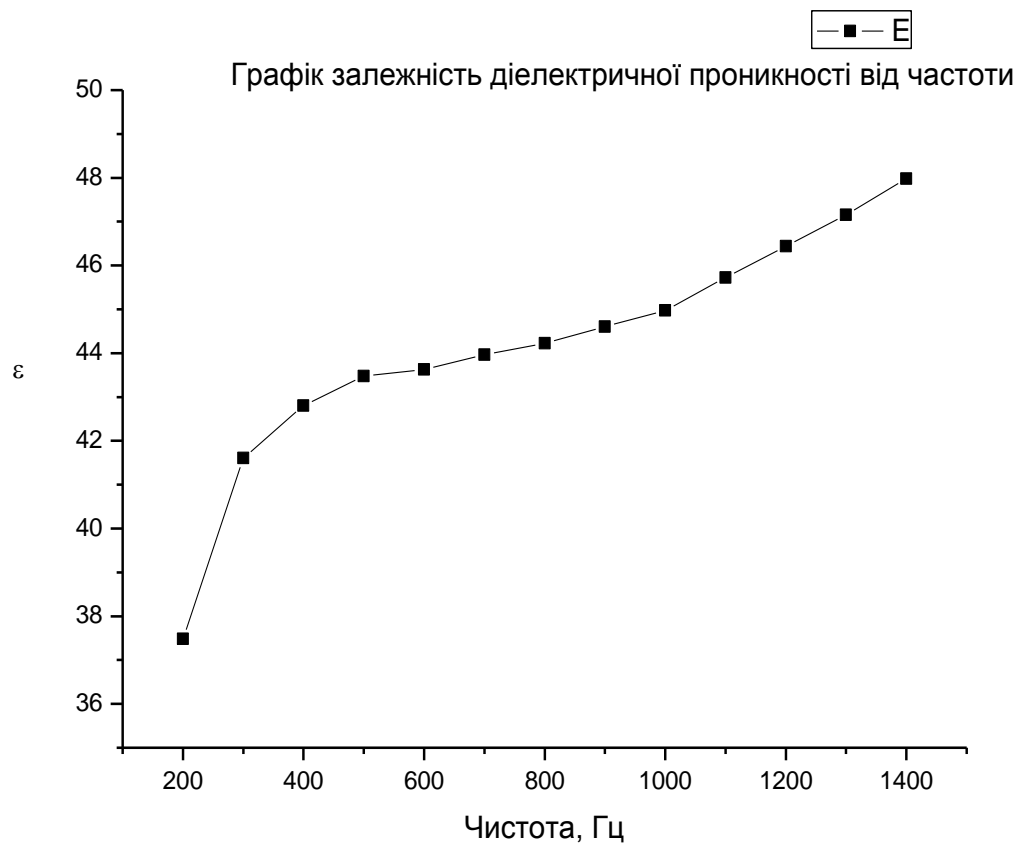
Потім дослідили залежність діелектричної проникності від температури в наповненому рідкому кристалі.

4.2.Обробка результатів

Таблиця 1

ν , Гц	C1	C2	$\langle C \rangle$	ϵ
200	5	5	5	37,4812
300	5,5	5,6	5,55	41,6041
400	5,71	5,71	5,71	42,8035
500	5,8	5,8	5,8	43,4782
600	5,82	5,82	5,82	43,6281
700	5,87	5,86	5,865	43,9655
800	5,9	5,9	5,9	44,227
900	5,95	5,95	5,95	44,6026
1000	6	6	6	44,9775
1100	6,1	6,1	6,1	45,7271
1200	6,2	6,19	6,195	46,4392
1300	6,3	6,28	6,29	47,1514
1400	6,4	6,4	6,4	47,976

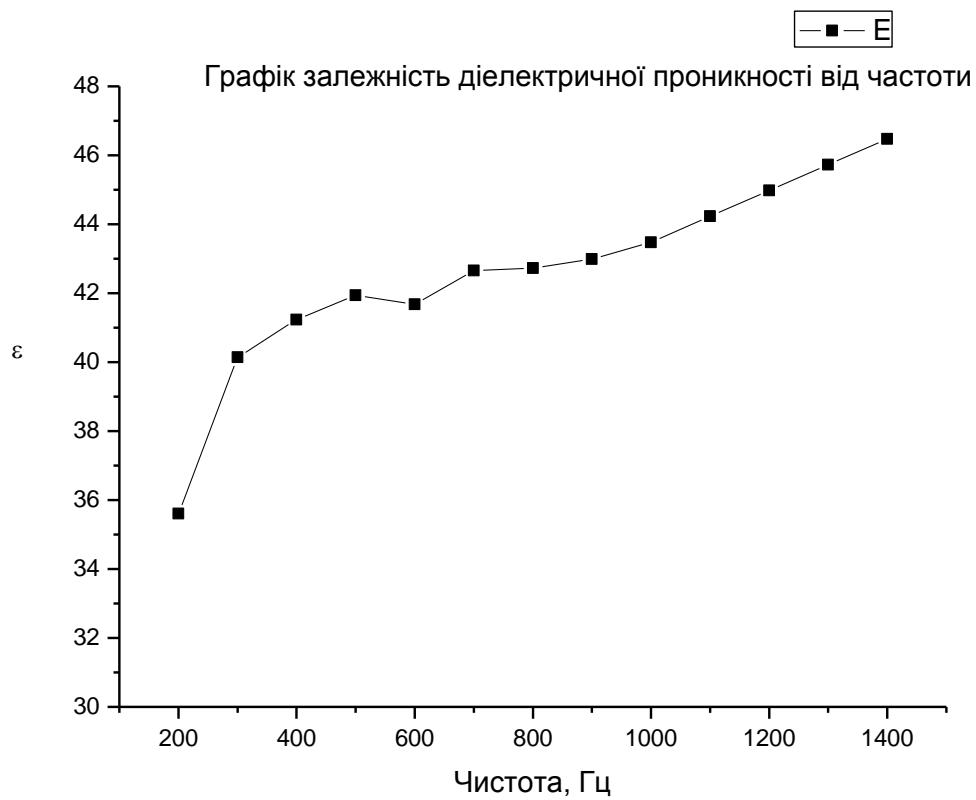
При $t=15^{\circ}\text{C}$, $U=6\text{В}$



Таблиця 2

ν, Гц	C1	C2	<C>	ε
200	4,9	5	4,95	35,6071
300	5,55	5,6	5,555	40,1424
400	5,7	5,7	5,7	41,2293
500	5,79	5,8	5,795	41,9415
600	5,82	5,7	5,76	41,6791
700	5,88	5,9	5,89	42,6536
800	5,9	5,9	5,9	42,7286
900	5,97	5,9	5,935	42,991
1000	6	6	6	43,4782
1100	6,1	6,1	6,1	44,2278
1200	6,2	6,2	6,2	44,9775
1300	6,3	6,3	6,3	45,7271
1400	6,4	6,4	6,4	46,4767

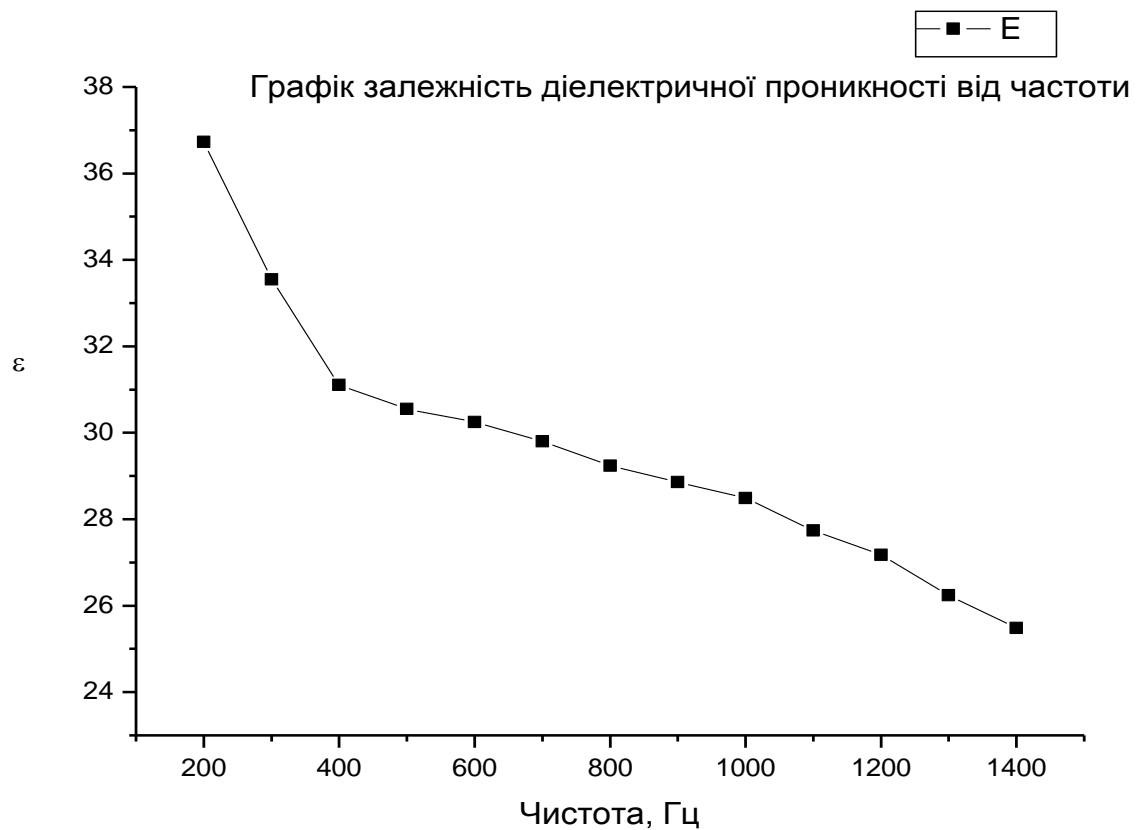
При $t=30^{\circ}\text{C}$, $U=6\text{В}$



Таблиця 3

ν , Гц	C1	C2	$\langle C \rangle$	ϵ
200	5,1	4,7	4,9	36,7316
300	4,7	4,25	4,475	33,5457
400	4,2	4,1	4,15	31,1094
500	4,1	4,05	4,075	30,5472
600	4,07	4	4,035	30,2473
700	4	3,95	3,975	29,7976
800	3,9	3,9	3,9	29,2353
900	3,85	3,85	3,85	28,8605
1000	3,8	3,8	3,8	28,4857
1100	3,75	3,7	3,7	27,7361
1200	3,65	3,6	3,625	27,1739
1300	3,5	3,5	3,5	26,2368
1400	3,4	3,4	3,4	25,4872

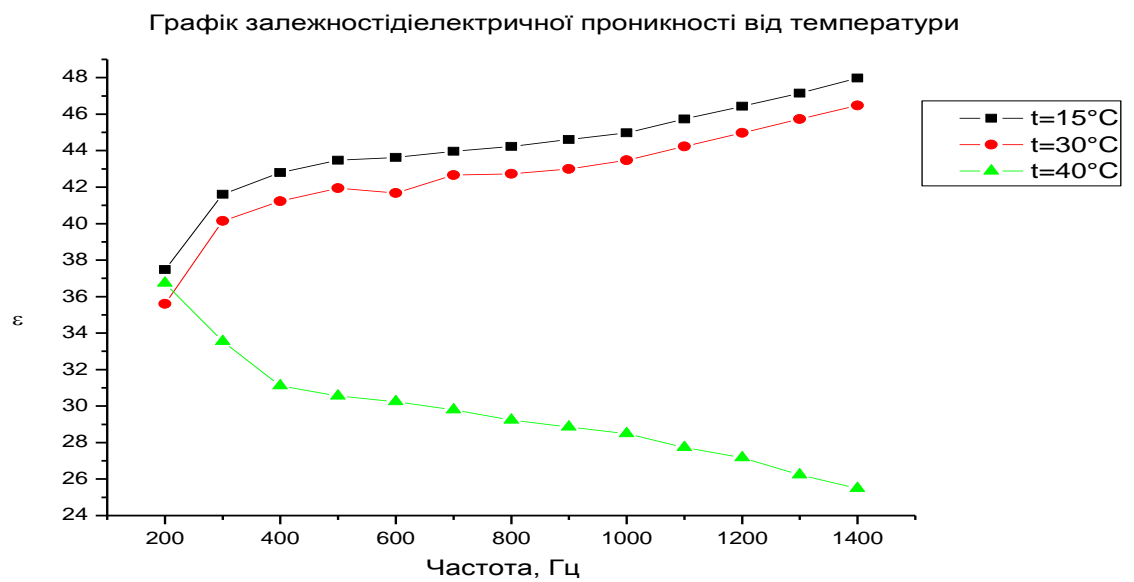
При $t=40^{\circ}\text{C}$, $U=6\text{В}$



Таблиця 4

ν, Гц	ε1	ε2	ε 3	ε
200	37,4812	35,6071	36,7316	
300	41,6041	40,1424	33,5457	
400	42,8035	41,2293	31,1094	
500	43,4782	41,9415	30,5472	
600	43,6281	41,6791	30,2473	
700	43,9655	42,6536	29,7976	
800	44,227	42,7286	29,2353	
900	44,6026	42,991	28,8605	
1000	44,9775	43,4782	28,4857	
1100	45,7271	44,2278	27,7361	

1200	46,4392	44,9775	27,1739	
1300	47,1514	45,7271	26,2368	
1400	47,976	46,4767	25,4872	



Висновки

Рідкі кристали речовини, що володіють одночасно властивостями як рідин (текучість), так і кристалів (анізотропія). По структурі рідкі кристали є рідинами, схожими на желе, що складаються з молекул витягнутої форми, певним чином впорядкованих у всьому об'ємі цієї рідини. Найбільш характерною властивістю рідких кристалів є їх здатність змінювати орієнтацію молекул під впливом електричних полів, що відкриває широкі можливості для вживання їх в промисловості.

По своїх загальних властивостях рідкі кристали можна розділити на дві великі групи:

1. термотропні рідкі кристали, що утворюються в результаті нагрівання твердої речовини, і що існують в певному інтервалі температур і тисків;
2. ліотропні рідкі кристали, що представляють собою двох або більш компонентні системи, що утворюються в сумішах стержневидних молекул даної речовини і води (або інших полярних розчинників). Ці стержневидні молекули мають на одному кінці полярну групу, а більша частина стержня є гнучким гідрофобним вуглеводневим ланцюгом. Такі речовини називаються амфіфілами.

Термотропні рідкі кристали підрозділяються на три великі класи:

1. Нематичні рідкі кристали. У цих кристалах відсутній далекий порядок в розташуванні центрів тяжіння молекул, у них немає шаруватої структури, їх молекули ковзають безперервно у напрямі своїх довгих осей, обертаючись довкола них, але при цьому зберігають орієнтаційний порядок: довгі осі направлені уздовж одного переважного напрямку. Вони поведуться подібно до звичайних рідин. Нематичні фази зустрічаються лише в таких речовинах, в молекул яких немає відмінності між правою і лівою формами, їх молекули тотожні своєму дзеркальному зображенню (ахіральні).

2. Сметичні рідкі кристали мають шарувату структуру, шари можуть переміщатися один відносно одного. Товщина сметичного шару визначається довжиною молекул (переважно, довжиною парафінового

хвоста), проте вязкість смектиків значно вище чим в нематиків і щільність по нормалі до поверхні шару може сильно мінятися.

3. Холестеричні рідкі кристали утворюються, в основному, з'єднаннями холестерину і інших стероїдів. Це нематичні рідкі кристали, але їх довгі осі повернені один відносно одного так, що вони утворюють спіралі, дуже чутливі до зміни температури унаслідок надзвичайно малої енергії утворення цієї структури (порядка 0,01 Дж/міль). Холестерики яскраво забарвлені і щонайменша зміна температури (до тисячних доль градуса) наводить до зміни кроку спіралі і, відповідно, зміни забарвлення рідкого кристала.

Отже, при однаковій частоті, але різній температурі, діелектрична проникність в рідких кристалах є різною, тобто при $t=15^{\circ}\text{C}$ діелектрична проникність РК зростає, при $t=30^{\circ}\text{C}$ вона зростає менше, а при $t=40^{\circ}\text{C}$ діелектрична проникність значно зменшується.

Додатки

Для виконання практичної частини використовувався:

- Генератор сигналів низькочастотний ГЗ-561



- Посудина Дюара



- Джерело постійного струму



Список літератури

1. Чистяков И.Г., Жидкие кристаллы, М., 1966
2. Беляков В.А., Жидкие кристаллы, М.: Знание, 1986
3. Сонин А.С., Введение в физику жидких кристаллов, М., 1983
4. Пикин С.А., Структурные превращения в жидких кристаллах, М., 1981
5. Чандрасекар С. Рідкі кристали. М.: Мир, 1980.
6. Мартін Н. Системи на кристалі. Проектування і розвиток. Техносфера. М. 2004.
7. П. Де Жен, Физика жидких кристаллов.: А.А. Веденова, -М. Мир 1977.